



***Начинаем работать
с PIV-системой
«ПОЛИС»***

Версия 2
Январь 2009

Copyright © 2004-2009 ИТ СО РАН. Все права защищены.

ИТ СО РАН
630090
пр. акад. Лаврентьева, 1
Новосибирск, Россия

Тел.: (383)335-66-84
Факс: (383)335-66-84

e-mail: piv@itp.nsc.ru
web: <http://www.itp.nsc.ru/piv>

Введение

Это руководство создано, чтобы помочь вам быстро научиться работать с полевым измерителем скорости «ПОЛИС». Оно познакомит вас с основными операциями: установкой и настройкой PIV системы, проведением эксперимента, обработкой полученных данных. Работа с системой описана в форме пошаговых инструкций, снабженных схемами, фотографиями, ссылками на другие руководства пользователя. Следуя инструкциям, вы сможете измерить мгновенные двухкомпонентные поля скорости в плоском сечении потока методом PIV и рассчитать статистические характеристики. Данное руководство не дублирует прочие руководства и инструкции, но является отправной точкой для их изучения.

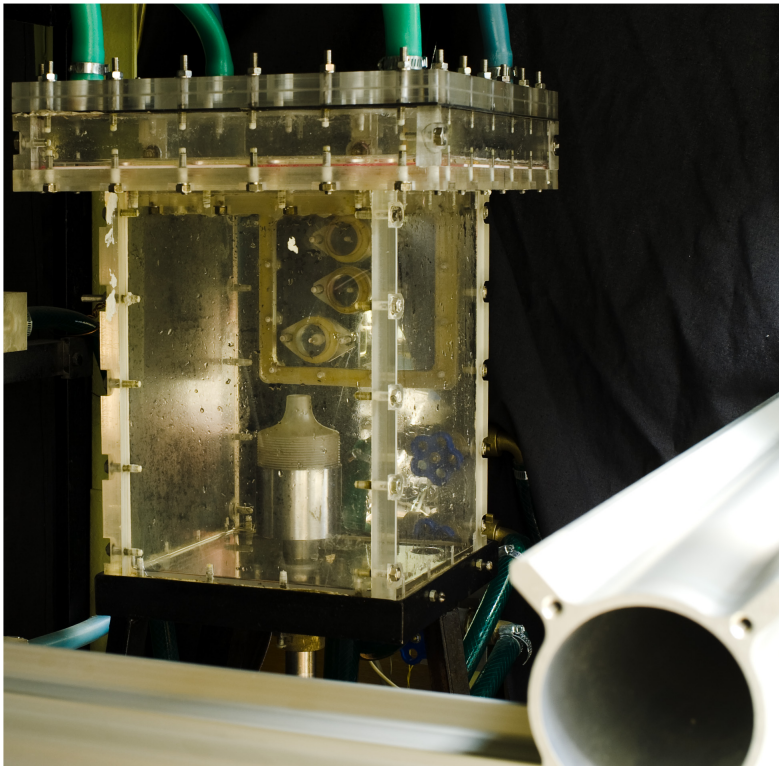
Внимание!

При работе с системой следует соблюдать правила техники безопасности и правила эксплуатации аппаратуры [1, 2, 3]:

1. Выключайте аппаратуру перед подключением/отключением кабелей к камерам, синхронизатору, компьютеру.
2. Используйте электрическую сеть с заземлением.
3. Не вносите в зону луча лазера отражающие предметы, не допускайте попадания света от лазера в объектив камеры.
4. Не допускайте попадания жидкостей и других агрессивных веществ на оборудование системы — камеру, лазер, синхронизатор, компьютер.
5. Берегите оборудование от ударов и вибраций.
6. Выполняйте настройку лазера в режиме минимальной энергии излучения, не наблюдайте луч лазера напрямую даже в защитных очках.
7. Не работайте с лазером, если в охлаждающей системе недостаточное количество жидкости. Используйте для охлаждения только специально подготовленную (дистиллированную) воду.
8. Выключайте лазер кнопкой Готов на время пауз между сериями импульсов при работе в режиме внешней синхронизации. Это увеличивает срок службы ламп накачки лазера и облегчает тепловой режим его работы.



Компоненты системы «ПОЛИС»: синхронизатор, камера, лазер.



Пример экспериментального стенда. На переднем плане видны две балки, предназначенные для закрепления камеры и излучателя лазера.

На старт!

Для работы потребуются:

1. Двойной импульсный лазер «ПОЛИС» или аналогичный.
2. Насадка, формирующая световой нож из луча лазера.
3. Цифровая камера «ПОЛИС» или аналогичная.
4. Объектив и переходник для крепления объектива к камере.
5. Синхронизатор «ПОЛИС».
6. Компьютер с установленной платой захвата изображения с камеры.
7. Кабеля для подключения камеры и синхронизатора к компьютеру, пять коаксиальных кабелей для подключения камеры и лазера к синхронизатору.
8. Трассеры для засева потока жидкости, либо генератор аэрозоля для потока газа.
9. Программный пакет «ActualFlow», установленный на компьютере.

Подготовьте экспериментальный стенд

Экспериментальный стенд, на котором вы проводите измерения, должен отвечать следующим требованиям:

1. Обеспечивается оптический доступ до объекта исследования, отсутствуют оптические искажения, вызванные, например, криволинейной стенкой.
2. Предусмотрена возможность надежного крепления лазера и камеры на стенде и их фиксации в выбранном положении. Для этой цели удобно использовать специализированные координатные устройства.
3. Обеспечивается подвод сигнальных и силовых кабелей к лазеру, камере, синхронизатору и компьютеру.
4. В целях защиты от лазерного излучения и для снижения фоновой засветки стенд следует закрыть, например, шторами из плотной темной ткани.

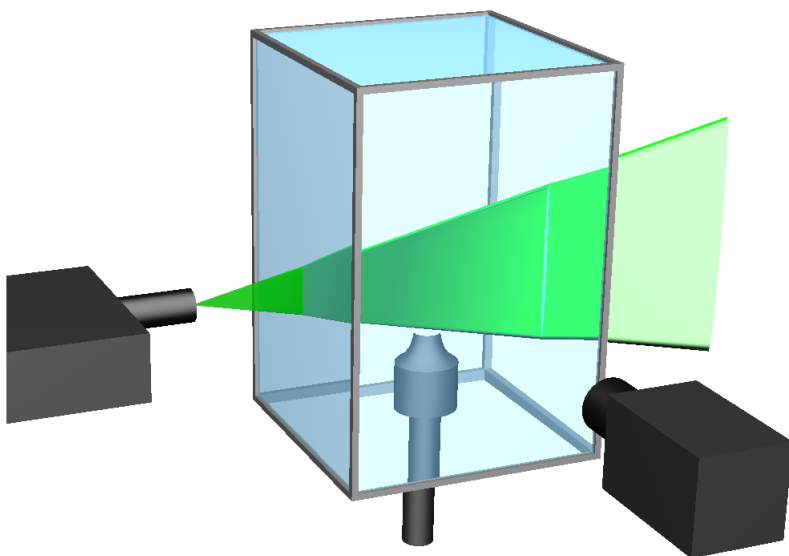


Схема установки камеры и лазера на стенде. Световой нож, сформированный из луча лазера, освещает сечение струи воды, вытекающей из сопла вертикально вверх.



Камера с объективом, закрепленная на балке при помощи площадки с регулируемым наклоном.



Синхронизатор и задняя панель системного блока лазера «ПОЛИС». Коаксиальным кабелем соединены каналы "Модулятор 2" синхронизатора и лазера.

Соберите измерительную систему

1. Убедитесь, что компьютер, синхронизатор и лазер отключены от электросети.
2. Установите объектив на камеру через переходник.
3. Закрепите камеру на стенде так, чтобы оптическая ось камеры была перпендикулярна измерительной плоскости (см. рисунок). Например, вы можете установить камеру на фотоштатив, или на координатное устройство для StereoPIV измерений.
4. Расположите излучатель лазера так, чтобы измерительная область была полностью освещена лазерным ножом. Направление лазерного ножа задается горизонтальным расположением оптической оси лазера. Закрепите излучатель тремя винтами М6, отверстия под которые расположены на подставке излучателя.
5. Накрутите на апертуру излучателя лазера насадку, формирующую световой нож.
6. Расположите синхронизатор в удобном для вас месте и подключите его к СОМ-порту компьютера.
7. Если у камеры есть блок питания, соедините отключенный из сети блок питания кабелем с камерой.
8. Соедините камеру с компьютером при помощи специального кабеля.
9. Подключите камеру коаксиальным кабелем к разъему «Камера 1» синхронизатора.
10. Подключите четырьмя коаксиальными кабелями лазер к синхронизатору, соединяя соответствующие разъемы на передней панели синхронизатора и задней панели системного блока лазера. Разъемы на лазере и синхронизаторе подписаны: «Модулятор 1» («М1»), «Модулятор 2» («М2»), «Лампа 1» («Л1») и «Лампа 2» («Л2»).
11. Подключите кабели питания к лазеру и синхронизатору.
12. Заполните установку рабочей жидкостью (если исследуется поток жидкости).



Передняя панель лазера «ПОЛИС».



Оптическая насадка, разворачивающая луч лазера в световой нож.

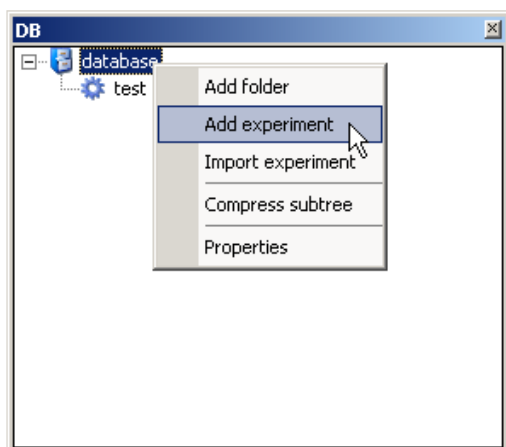
Настройте систему

Включите компьютер, синхронизатор

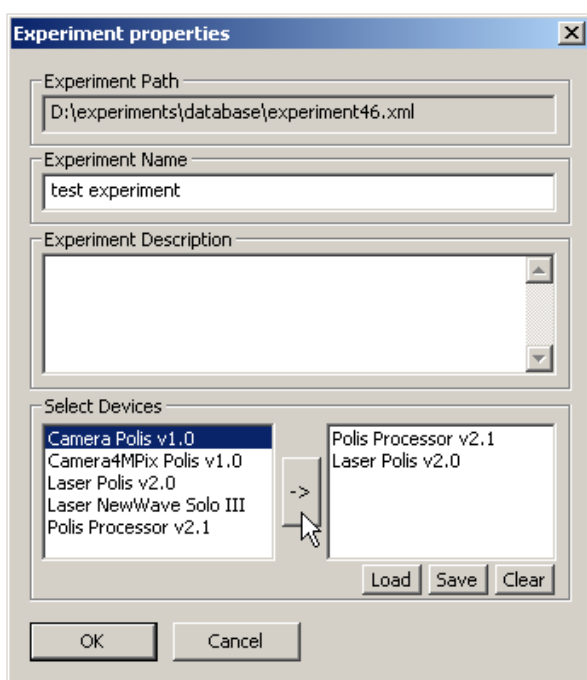
1. Включите компьютер.
2. Если для камеры требуется блок питания, то включите его в сеть.
3. Включите синхронизатор тумблером, расположенным на задней стенке.

Включите и настройте лазер

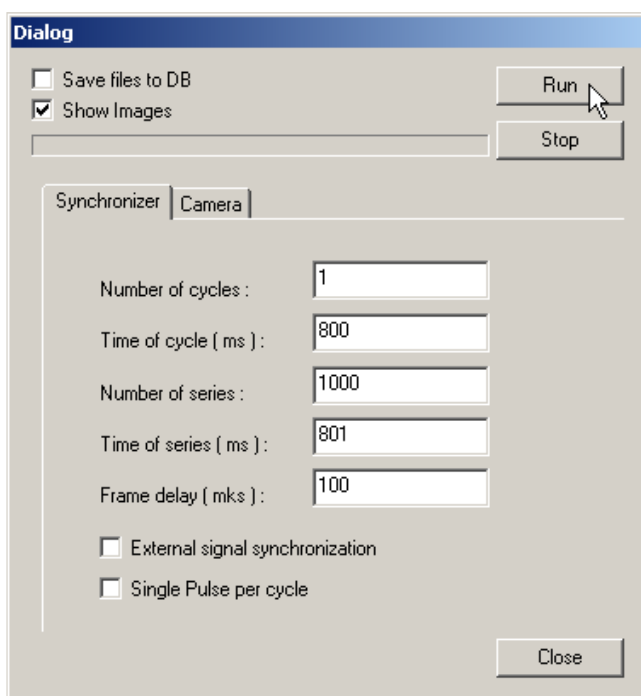
1. Вставьте ключ в замок, расположенный на передней панели системного блока лазера и поверните его по часовой стрелке до упора. На панели управления над кнопкой Пуск загорится светодиод.
2. Нажмите кнопку Пуск, при этом над кнопкой Стоп загорится светодиод, что свидетельствует о включении источника питания и циркуляции охлаждающей жидкости.
3. Установите тумблер Лазер в центральное положение (включены оба канала лазера).
4. Укажите энергию лазерного излучения. Для этого нажмите кнопку Ред, выберите напряжение на лампах накачки кнопками ↑ и ↓ (зависимость энергии импульса от напряжения ламп приведена в описании лазера), затем нажмите кнопку Ввод.
5. Установите минимальную энергию лазера, переключив тумблер Яркость в положение Мин.
6. Установите тумблер режима синхронизации Синхр в положение Внутр (внутренняя синхронизация).
7. Включите лазерное излучение кнопкой Готов.
8. Вращая оптическую насадку, установите лазерный нож так, чтобы он освещал требуемое сечение потока.
9. Вращая кольцо фокуса на оптической насадке, настройте положение перетяжки светового ножа так, чтобы толщина ножа в измерительной области была минимальной.
10. Выключите лазер кнопкой Готов.
11. Переключите тумблер Синхр в положение Внешн (внешняя синхронизация).



Окно дерева базы данных и контекстное меню корневого узла дерева («база данных»).



Диалог создания нового эксперимента. Внизу окна слева список доступных устройств системы, а справа — частично составленный список устройств, необходимых для проведения измерений.



Диалог управления процессом сбора данных. Установлены параметры для настройки системы.

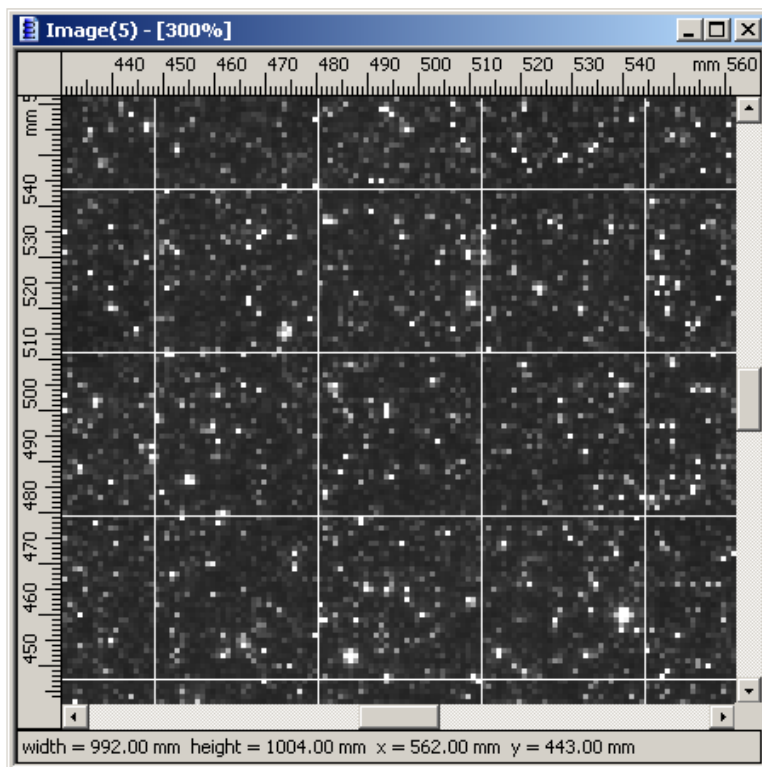
Настройте базу и эксперимент в «ActualFlow»

1. Запустите программу «ActualFlow».
2. Создайте новую базу, выбрав пункт меню File→Create. При этом требуется указать имя и расположение файлов базы на диске.
3. Добавьте в базу эксперимент, для чего щелкните правой кнопкой мыши по узлу базы в дереве (см. рисунок) и в открывшемся контекстном меню выберите команду Add experiment. В диалоге укажите название эксперимента и выберите из списка используемые вами устройства: синхронизатор («ProcessorPOLIS»), камеру (например, «CameraPOLIS») и лазер («LaserPOLIS»). Устройство выбирается двойным щелчком по его имени.
4. Нажмите кнопку ОК.
5. В контекстном меню узла созданного эксперимента выберите пункт Run experiment. Откроется диалог управления сбором данных, показанный на рисунке.
6. Снимите опцию Save files to DB, установите опцию Show images, установите большое число Number of series, например 10000. Теперь при запуске эксперимента будет отображаться текущее изображение с камеры.
7. Нажмите кнопку Run и сфокусируйте объектив камеры, например, по изображению помещенной в измерительную плоскость линейки. Позже, при необходимости, можно подстроить фокус по изображению трассеров в потоке, освещенных лазерным ножом.
8. Остановите сбор данных кнопкой Stop.

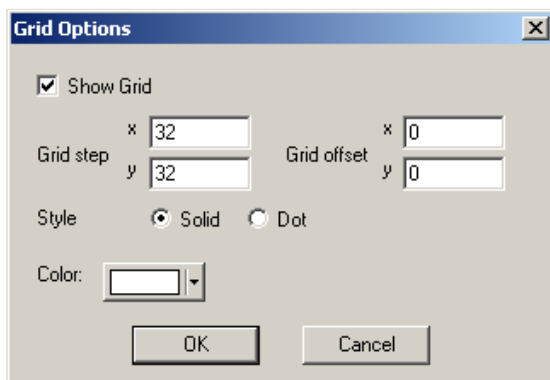
Определите масштабный коэффициент

Для получения количественных данных о скорости необходимо определить масштабный коэффициент. При первом знакомстве с системой этот шаг можно опустить.

1. Поместите в измерительную плоскость линейку.
2. Установите опцию Save files to DB, в поле ввода Number of series введите 1.
3. Сохраните изображение линейки в базе, нажав кнопку Run.
4. Уберите линейку, восстановите измененные настройки эксперимента.
5. Расчет масштабного коэффициента по изображению описан в [4].



PIV-изображение потока (трассеры в потоке, освещенные лазерным ножом) с наложенной сеткой в окне отображения данных.



Диалог настройки отображения сетки. Задан размер ячейки 32x32 пикселя.

Подготовьте раствор (для потоков жидкости)

1. Рабочей жидкостью является вода с однородно перемешанными трассерами. Диаметр трассера на изображении должен быть 1,5–3 пикселя, поэтому размер трассеров выбирается согласно пространственному разрешению. Например, для областей размером 100x100 мм следует использовать трассеры размером 50 мкм, для областей от 30x30 мм до 100x100 мм – использовать трассеры размером 10-20 мкм, а для меньших областей лучше подойдут трассеры размером 10 мкм и менее.

2. Переключите тумблер Яркость на лазере в положение Макс, установите рабочую энергию импульса лазера и диафрагменное число объектива камеры, так как эти параметры влияют на количество наблюдаемых на изображении частиц.

3. Включите лазер кнопкой Готов, запустите сбор данных в «ActualFlow» кнопкой Run диалога эксперимента.

4. Для удобства контроля концентрации частиц включите отображение сетки поверх изображения (команда Grid options из контекстного меню окна с изображением, см. рисунок) с размером ячейки (Grid step) 32x32.

5. Размешайте частицы в небольшом объеме воды и постепенно добавляйте полученную суспензию в рабочую жидкость до получения необходимой концентрации трассеров. Концентрация трассеров подбирается так, чтобы число трассеров на элементарную ячейку изображения (характерный размер 32x32 пикселя) составляло от 5 до 10 штук.

6. Подготовив раствор, остановите сбор данных кнопкой Stop и выключите лазер кнопкой Готов.

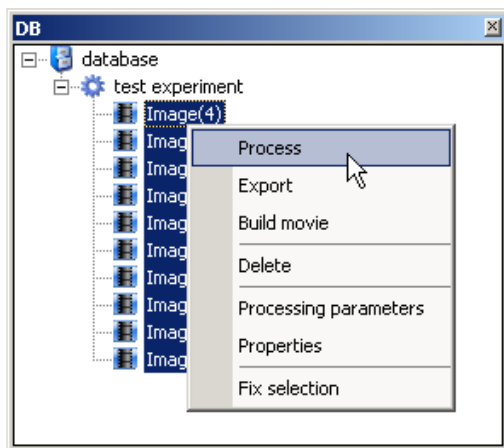
Засев воздушных потоков производится мелкими каплями (туманом), получаемыми генератором аэрозоля. В зависимости от геометрии потока и рабочей установки засев должен осуществляться временным или постоянным включением генератора. Требования на концентрацию и размер трассеров те же, что и для потоков жидкости.

Подберите задержку между кадрами

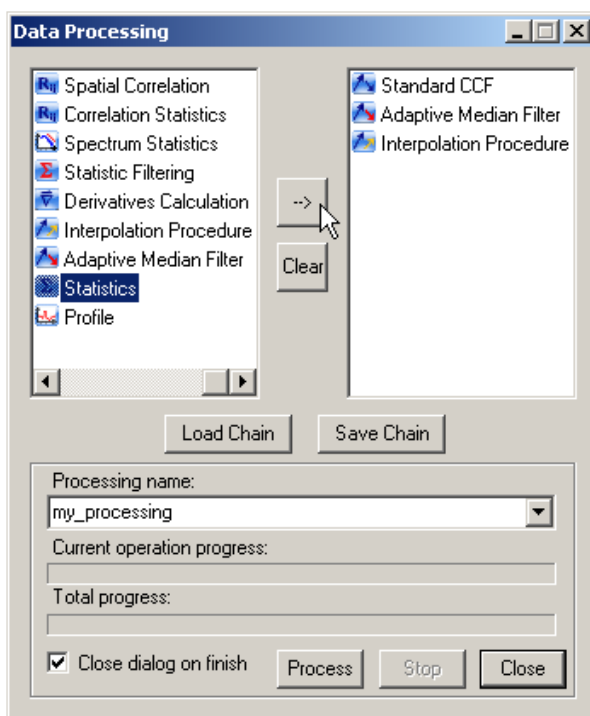
1. Запустите поток в режиме, для которого будут проводиться измерения.

2. За время между кадрами (Frame delay) изображение частицы должно смещаться не более чем на четверть размера элементарной ячейки, т.е. не более 8 пикселей для ячейки 32x32. Величину смещения частицы можно контролировать, переключая первый и второй кадр изображения клавишей Пробел при включенной сетке.

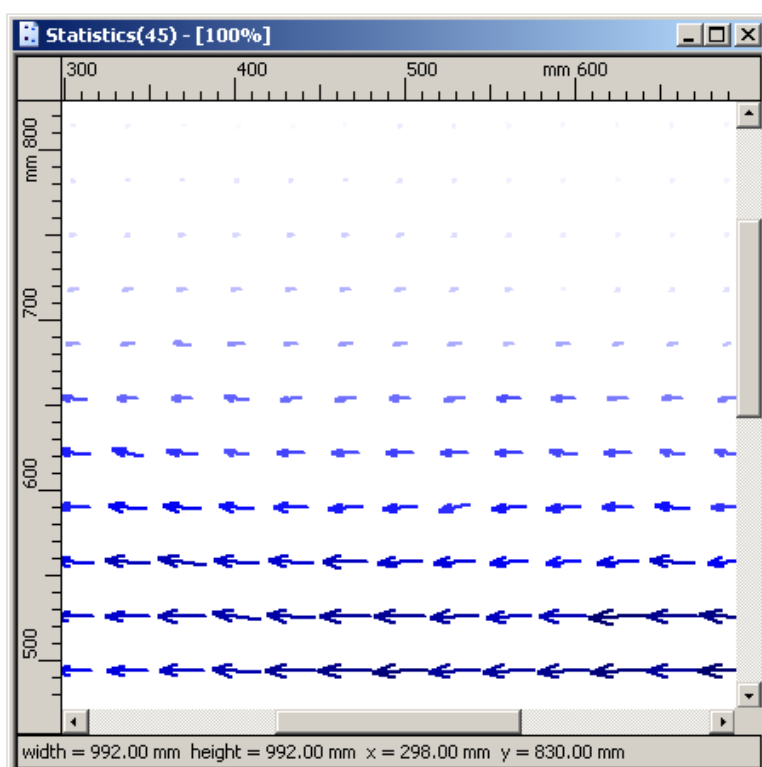
3. Снимая пары изображений при различных значениях задержки между кадрами (Frame delay), подберите оптимальное значение задержки.



Окно дерева базы данных. Открыто контекстное меню одного из выделенных изображений.



Окно управления обработкой данных. Вверху окна слева список доступных в данный момент расчетных процедур, а справа — частично составленная цепочка для расчета мгновенных полей скорости по мгновенным изображениям и их осреднения.



Среднее поле скорости, полученное применением приведенной выше цепочки расчетных процедур к изображениям.

Проведите измерения

Снимите серию изображений

1. В окне проведения эксперимента «ActualFlow» отключите опцию Show images и включите Save files to DB.

2. Укажите необходимое число кадров, например 100, в поле ввода Number of series.

3. Запустите поток в необходимом режиме.

4. Включите лазер кнопкой Готов и запустите сбор данных кнопкой Run в «ActualFlow».

5. По завершении сбора данных проверьте, что узлы изображений появились в дереве базы «ActualFlow», закройте окно управления экспериментом в «ActualFlow» кнопкой Close.

6. Выключите лазер, нажав кнопки Готов и Стоп, поверните ключ против часовой стрелки. Выключите блок питания камеры из сети (если есть).

Обработайте изображения

1. Установите курсор на первый из узлов изображений в дереве «ActualFlow», полученных в ходе эксперимента.

2. Выделите все изображения, полученные в ходе эксперимента. Для этого щелкните по нему правой кнопкой мыши и в появившемся меню выберите команду Select similar (см. рисунок).

3. Откройте окно обработки, щелкнув правой кнопкой по одному из выделенных узлов, и открывшемся меню выберите команду Process. В результате откроется окно, показанное на рисунке.

4. Создайте цепочку обработки из расчетных процедур Standard CCF, Adaptive median filter, Interpolation procedure и Statistics. Расчетная процедура добавляется в список двойным щелчком по ее имени в списке, расположенном слева. В открывающемся при добавлении расчетной процедуры диалоге нажмите кнопку Defaults, затем ОК. Список справа — это составленная цепочка. В результате применения к изображениям такого набора процедур будут рассчитаны поля скорости, отфильтрован шум и рассчитаны статистические характеристики потока.

5. Введите уникальное имя обработки в поле Processing name.

6. Запустите обработку кнопкой Process.

7. По завершении обработки закройте окно.

8. Двойным щелчком по имени узла в дереве базы вы можете открыть его для отображения. Например, среднее поле скорости можно отобразить, дважды щелкнув по узлу с именем Statistics(NNN) (см. рисунок).

Заключение

Итак, вы ознакомились с базовым руководством пользователя измерительной системы «ПОЛИС». Полученных вами знаний уже достаточно, чтобы проводить измерения полей скорости в потоке. Вы знаете, какие шаги следует предпринять для настройки системы, проведения измерений и обработки изображений для получения полей скорости. Тем не менее, много важной информации было опущено. Не были описаны все возможности и особенности лазера, камер. Более подробно следует изучить свойства трассеров, важные для измерений. Поверхностно описаны возможности программы «ActualFlow». Необходимо детально изучить алгоритмы обработки изображений, которые вышли за рамки рассмотрения. Вся эта информация может быть найдена в руководствах и инструкциях, список которых приведен ниже. Кроме того, измерительная система «ПОЛИС» может быть расширена другими методами измерения: StereoPIV (измерения трехкомпонентных полей скорости), PLIF (измерение полей температуры), PTV (измерение полей скорости) и др.

Мы надеемся, что это руководство помогло вам при освоении измерительной системы. Если какие-либо вопросы не получили достаточного освещения в этом или других описаниях системы, или у вас есть пожелания и предложения — обращайтесь по адресу электронной почты piv@itp.nsc.ru.

Литература

1. Техническое описание измерительного комплекса «ПОЛИС»
2. Техническое описание импульсного лазера «Laser POLIS v3.2»
3. Техническое описание цифровой камеры «Camera POLIS v1.0»
4. Руководство пользователя программы «ActualFlow»



www.itp.nsc.ru/piv